

29571/DE/1



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 41 33 059 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**B 60 K 41/28**  
B 60 K 6/04  
F 02 D 29/06  
F 02 D 45/00  
B 60 L 11/00  
B 60 L 15/00

②1 Aktenzeichen: P 41 33 059.5  
②2 Anmeldetag: 4. 10. 91  
④3 Offenlegungstag: 8. 4. 93

DE 41 33 059 A 1

⑦1 Anmelder:  
Mannesmann AG, 4000 Düsseldorf, DE

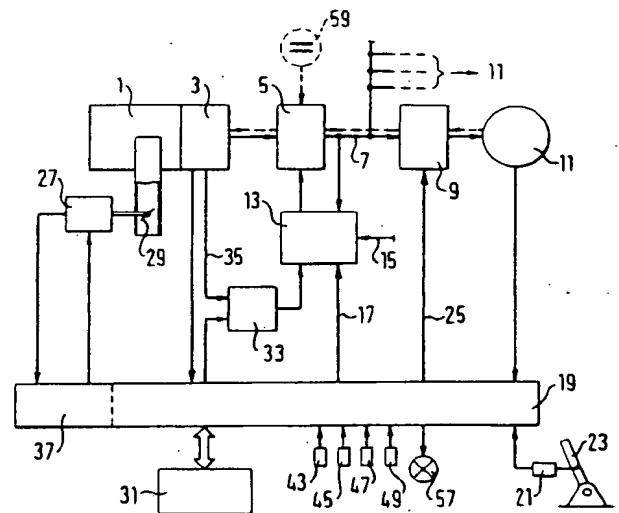
⑦4 Vertreter:  
Weickmann, H., Dipl.-Ing.; Fincke, K., Dipl.-Phys.  
Dr.; Weickmann, F., Dipl.-Ing.; Huber, B.,  
Dipl.-Chem.; Liska, H., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Prechtel,  
J., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 8000  
München

⑦2 Erfinder:  
Adler, Uwe, Dipl.-Ing., 8720 Schweinfurt, DE; Drexl,  
Hans-Jürgen, Dr.-Ing., 8724 Schonungen, DE; Lutz,  
Dieter, Dr.-Ing., 8720 Schweinfurt, DE; Nagler, Franz,  
Dipl.-Ing., 8729 Ottendorf, DE; Ochs, Martin,  
Dr.-Ing.; Schiebold, Stefan, Dr.-Ing., 8720  
Schweinfurt, DE; Schmidt-Brücken, Hans-Joachim,  
Dipl.-Phys., 8721 Geldersheim, DE; Thieler,  
Wolfgang, Dipl.-Ing., 8728 Haßfurt, DE; Wagner,  
Michael, Dr.-Ing., 8721 Niederwerrn, DE;  
Westendorf, Holger, Dr.-Ing., 8721 Hambach, DE;  
Wychnanek, Rainer, Dipl.-Wirtsch.-Ing., 8721  
Madenhausen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Antriebsanordnung für ein Kraftfahrzeug

⑤7 Die Antriebsanordnung für ein Kraftfahrzeug umfaßt eine Brennkraftmaschine (1) mit wenigstens einem ihre Leistung und/oder ihr Drehmoment und/oder ihre Drehzahl beeinflussenden, von einem Stellantrieb (27) steuerbaren Stellglied (29), eine von der Brennkraftmaschine (1) angetriebene elektrische Generatoranordnung (3), wenigstens einen aus der Generatoranordnung (3) gespeisten, das Kraftfahrzeug antreibenden Elektromotor (11) und eine elektronische Steuerung (19), die einerseits wenigstens den einen Stellantrieb (27) und andererseits die von der Generatoranordnung (3) erzeugte elektrische Leistung und/oder die, von dem Elektromotor (11) aufgenommene elektrische Leistung abhängig von der Einstellung eines Fahrpedals (23) steuert. Die Anordnung umfaßt Mittel zur Erfassung eines Ist-Werts der Drehzahl der Brennkraftmaschine (1) sowie Mittel zur Erfassung eines Ist-Werts der von der Generatoranordnung (3) erzeugten Leistung. Die Steuerung (19) umfaßt Drehzahl-Regelmittel (33), die die Ist-Drehzahl auf einem vorgegebenen Drehzahl-Sollwert halten und Leistungs-Regelmittel (37), die die elektrische Ist-Leistung auf einem vorgegebenen Leistungs-Sollwert halten. Der Steuerung (19) ist ein Datenspeicher (31) zugeordnet, in welchem Kennfelddaten für Kombinationen von Daten für den Leistungs-Sollwert mit Daten für den Drehzahl-Sollwert und/oder Daten für die Einstellung wenigstens des einen Stellantriebs (27) gespeichert sind. Die Steuerung (19) wählt die Datenkombinationen abhängig ...



DE 41 33 059 A 1

Die Erfindung betrifft eine Antriebsanordnung für ein Kraftfahrzeug und insbesondere eine Antriebsanordnung, bei welcher das Kraftfahrzeug von wenigstens einem Elektromotor angetrieben wird, der von einer ihrerseits von einer Brennkraftmaschine angetriebenen Generatoranordnung gespeist wird.

Herkömmliche Brennkraftmaschinen, wie sie üblicherweise in Kraftfahrzeugen eingesetzt werden, können eine gewünschte Ausgangsleistung bestimmter Größe bei unterschiedlicher Motordrehzahl erzeugen. In einem Drehmoment-Motordrehzahl-Kennlinienfeld folgen die Betriebspunkte gleicher Ausgangsleistung annähernd hyperbelförmigen Kennlinien entsprechend der Beziehung, daß die Ausgangsleistung im wesentlichen gleich dem Produkt aus Motordrehzahl und Drehmoment ist. Den Betriebspunkten konstanter Ausgangsleistung sind jedoch in dem Kennlinienfeld unterschiedliche Werte sonstiger Betriebsparameter, wie zum Beispiel des spezifischen Kraftstoffverbrauchs, der Schadstoffmenge und Schadstoffzusammensetzung der Abgase oder auch der Geräuschentwicklung der Brennkraftmaschine zugeordnet. Durch geeignete Auswahl der Betriebspunkte könnte für jede gewünschte Ausgangsleistung ein Optimum eines der Betriebsparameter, beispielsweise des spezifischen Kraftstoffverbrauchs, d. h. des auf die geleistete Arbeit bezogenen Kraftstoffverbrauchs, ermittelt werden.

Bei herkömmlichen, von einer Brennkraftmaschine über ein mechanisches Getriebe angetriebenen Kraftfahrzeugen können die Betriebspunkte für eine gewünschte Leistung nur sehr begrenzt dem Betriebsparameteroptimum angenähert werden, da die Motordrehzahl nur entsprechend der Getriebeabstufung wählbar verändert werden kann.

Aus "VDI-Berichte" Nr. 878, 1991, Seiten 611 bis 622 ist eine Antriebsanordnung für ein Kraftfahrzeug bekannt, dessen Räder von gesonderten Elektromotoren angetrieben werden. Den Strom der Elektromotore liefert ein von einer Brennkraftmaschine angetriebener Generator, wobei eine elektronische Steuerung den aus dem Generator den Elektromotoren zugeführten Strom abhängig von der an einem Fahrpedal vom Fahrer des Kraftfahrzeugs gewünschten Antriebsleistung steuert. Für derartige Antriebe geeignete Elektromotoren und Generatoren sind beispielsweise aus der europäischen Patentanmeldung 01 59 005 bekannt; eine geeignete Steuerung ist in der europäischen Patentanmeldung 03 40 686 beschrieben.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Antriebsanordnung für ein Kraftfahrzeug zu schaffen, bei welcher der Betrieb der die Antriebsleistung erzeugenden Brennkraftmaschine besser als bisher optimiert werden kann.

Den Ausgangspunkt der Erfindung bildet eine Antriebsanordnung der vorstehend erläuterten Art, welche umfaßt:

eine Brennkraftmaschine mit wenigstens einem ihre Leistung und/oder ihr Drehmoment und/oder ihre Drehzahl beeinflussenden, von einem Stellantrieb steuerbaren Stellglied, eine von der Brennkraftmaschine angetriebene elektrische Generatoranordnung, wenigstens einen aus der Generatoranordnung gespeisten, das Kraftfahrzeug antreibenden Elektromotor und eine elektronische Steuerung, die einerseits wenigstens den einen Stellantrieb und andererseits die von der Generatoranordnung erzeugte elektrische Leistung und/

oder die von dem Elektromotor aufgenommene elektrische Leistung abhängig von der Einstellung eines Fahrpedals steuert.

Bei einer solchen Antriebsanordnung sind erfindungsgemäß Mittel zur Erfassung eines Istwerts der Drehzahl der Brennkraftmaschine oder der mit ihr gekuppelten Generatoranordnung sowie Mittel zur Erfassung eines Istwerts der von der Generatoranordnung erzeugten und/oder der von dem Elektromotor aufgenommenen elektrischen Leistung vorgesehen. Die Steuerung umfaßt hierbei Drehzahl-Regelmittel, die die Ist-Drehzahl auf einem vorgegebenen Drehzahl-Sollwert halten, und Leistungs-Regelmittel, die die elektrische Ist-Leistung auf einem vorgegebenen Leistungs-Sollwert halten. Der Steuerung ist ein Datenspeicher mit Kennfelddaten für Kombinationen von Daten für den Leistungs-Sollwert mit Daten für den Drehzahl-Sollwert und/oder Daten für die Einstellung wenigstens des einen Stellantriebs zugeordnet, und die Steuerung wählt die Datenkombinationen abhängig von der Einstellung des Fahrpedals aus.

Der Erfindung liegt die Überlegung zugrunde, daß die von der Generatoranordnung erzeugte oder die von dem Elektromotor aufgenommene elektrische Leistung ein mit verhältnismäßig einfachen Mitteln und sehr exakt bestimmbares Maß für die von der Brennkraftmaschine erzeugte Antriebsleistung ist. Auch lassen sich der elektrische Wirkungsgrad der Generatoranordnung und die elektrischen Verluste der Steuerung verhältnismäßig leicht bestimmen und auf die Antriebsleistung der Brennkraftmaschine zurückrechnen. Da sowohl die Leistung als auch die Drehzahl auf vorgegebene Werte eingestellt werden, läßt sich der Betriebspunkt, in welchem die Brennkraftmaschine in ihrem Motorkennfeld betrieben wird, exakt einstellen. Die in dem Datenspeicher gespeicherten Datenkombinationen legen den Betriebspunkt fest. Die Steuerung hat damit die Möglichkeit, zusätzliche Betriebsparameter mit zu berücksichtigen, deren Daten jeweils mit ein Bestandteil der Datenkombination sein können. Die Datenkombinationen können auf diese Weise ein gewünschtes Optimierungsziel repräsentieren, beispielsweise indem den einzelnen Leistungs-Sollwerten diejenigen Daten für die Einstellung des Stellantriebs und für den Drehzahl-Sollwert zugeordnet werden, für die sich der minimale spezifische Kraftstoffverbrauch ergibt. In gleicher Weise läßt sich das Abgasverhalten optimieren oder die Geräuschemission der Brennkraftmaschine.

Das Konzept der Einregelung der Leistung der Brennkraftmaschine auf einen vorbestimmten Leistungswert kann auf unterschiedliche Weise realisiert werden. In einer ersten Variante ist vorgesehen, daß die Drehzahl-Regelmittel die elektrische Leistung der Generatoranordnung und/oder des Elektromotors beeinflussen und daß die Steuerung den Stellantrieb eines Leistungs-Einstellglieds der Brennkraftmaschine, insbesondere einer Drosselklappen- oder Einspritzpumpenanordnung, zunächst entsprechend den aus dem Datenspeicher ausgewählten Einstelldaten einstellt, und daß nach Einregelung des Drehzahl-Sollwerts die Leistungs-Regelmittel den Stellantrieb des Leistungs-Stellglieds beeinflussen. Bei diesem Konzept wird zunächst die Brennkraftmaschine auf die im Datenspeicher gespeicherte Datenkombination eingestellt, und erst dann wird die Leistung der Brennkraftmaschine auf den gewünschten Leistungswert eingeregelt. Auf diese Weise lassen sich Abweichungen im tatsächlichen Betrieb der Brennkraftmaschine von den Daten des Kennfelds er-

kennen und ausgleichen.

Während bei dem vorstehenden Konzept die Drehzahl der Brennkraftmaschine-Generator-Einheit durch Regeln der elektrischen Leistung und damit des Drehmoments der Generatoranordnung geregelt wird, ist bei einer Variante vorgesehen, daß die Drehzahl-Regelmittel den Stellantrieb eines Leistungs-Stellglieds der Brennkraftmaschine, insbesondere der Drosselklappen- oder Einspritzpumpenanordnung beeinflussen, während die Leistungs-Regelmittel die elektrische Leistung der Generatoranordnung und/oder des Elektromotors beeinflussen.

Der Leistungs-Sollwert wird beispielsweise abhängig von der Einstellung eines Fahrpedals des Kraftfahrzeugs vorgegeben. Bei einer Änderung der Einstellung des Fahrpedals läßt sich der Betriebspunkt nach unterschiedlichen Strategien dem geänderten vorgegebenen Leistungs-Sollwert nachführen. Das Nachführen kann beispielsweise dadurch erfolgen, daß die Steuerung bei der Änderung des vorgegebenen Leistungs-Sollwerts das Leistungsstellglied der Brennkraftmaschine auf die durch die Datenkombination des geänderten Leistungs-Sollwerts bestimmte Einstellung einstellt und dadurch eine Drehmomentänderung der Brennkraftmaschine festlegt, die es der Brennkraftmaschine ermöglicht, auf den geänderten Betriebspunkt zu beschleunigen oder abzubremesen. Die Drehzahlregelmittel und Leistungsregelmittel sorgen dann dafür, daß sich am neuen Betriebspunkt die Verhältnisse entsprechend der Datenkombination des geänderten Leistungs-Sollwerts einstellen.

Eine Variante, die es insbesondere auch erlaubt, die Leistungsänderung im Optimum eines Betriebsparameters der Brennkraftmaschine, beispielsweise bei minimalem spezifischem Kraftstoffverbrauch, durchzuführen, sieht vor, daß die Steuerung bei einer Änderung des vorgegebenen Leistungs-Sollwerts zunächst die elektrische Leistung konstant hält, während die Drehzahl-Regelmittel die Drehzahl an den durch die Datenkombination des geänderten Leistungs-Sollwerts bestimmten Drehzahl-Sollwert annähern. Insbesondere kann bei dieser Variante das für eine Erhöhung des Leistungs-Sollwerts für die Beschleunigung der Brennkraftmaschine benötigte Differenz-Drehmoment durch eine Erniedrigung des Drehmoments der Generatoranordnung bereitgestellt werden. Die Steuerung sorgt in dieser Variante dafür, daß bei einer Erhöhung des Leistungs-Sollwerts zunächst die Brennkraftmaschine so weit beschleunigt wird, daß die im neuen Betriebspunkt gewünschte Leistung erzeugt werden kann, bevor die elektrische Leistung für die Beschleunigung des Fahrzeugs an den Elektromotor weitergeleitet wird.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung repräsentieren die für die Einstellung der Brennkraftmaschine und der Generatoranordnung aus dem Datenspeicher auszuwählenden Datenkombinationen Betriebspunkte der Brennkraftmaschine mit Optimumswerten wenigstens eines Betriebsparameters, insbesondere Betriebspunkte mit minimalem spezifischem Kraftstoffverbrauch und/oder minimaler Schadstoffemission und/oder minimaler Geräuscentwicklung und/oder maximaler Schonung der Brennkraftmaschine. Die Betriebspunkte werden in Abhängigkeit von Leistungs-Sollwerten festgelegt, wobei die Steuerung abhängig von dem vorgegebenen Leistungs-Sollwert eine Datenkombination mit Daten für die Einstellung wenigstens des einen Stellglieds der Brennkraftmaschine und/oder Daten für den Drehzahl-Sollwert aus dem Datenspei-

cher auswählt. Die durch die Datenkombination vorgegebenen Betriebspunkte lassen sich als Basisregelgrößen bei der Steuerung des Betriebs der Brennkraftmaschine einsetzen, um so die jeweils über das Fahrpedal angeforderte Leistung verbrauchsgünstig, umweltschonend und motorschonend einstellen zu können.

Die Steuerung der Brennkraftmaschine auf der Basis der dem Optimum zumindest eines Betriebsparameters folgenden Datenkombinationen erlaubt die adaptive Korrektur der Werte des Betriebsparameter-Optimums und damit eine selbsttätige Optimierung der Betriebspunkte in bezug auf den Betriebsparameter. Zu diesem Ziel ist in einer bevorzugten Ausgestaltung vorgesehen, daß der Steuerung ein Sensor zum Erfassen eines Istwerts des die Datenkombination bestimmenden Betriebsparameters zugeordnet ist und daß die Steuerung nach Einstellen des Betriebspunkts an der Brennkraftmaschine eine Abweichung des Istwerts von dem durch die Datenkombination des Betriebspunkts vorgegebenen, gespeicherten Wert des Betriebsparameters erfaßt und den gespeicherten Wert abhängig von der Abweichung insbesondere in Inkrementen korrigiert. Es versteht sich, daß die Korrektur des Betriebsparameters in einem gesonderten Kennfeld dieses Betriebsparameters durchgeführt werden kann, so daß die Steuerung nach einer Korrektur des gespeicherten Werts des Betriebsparameters den Betriebspunkt, welcher dem Optimum des Betriebsparameters zugeordnet ist, abhängig von dem korrigierten Wert des Betriebsparameters für die Datenkombination neu festlegt.

Insbesondere in Varianten, bei welchen dem Betriebsparameter gesonderte Kennfelder zugeordnet sind, kann vorgesehen sein, daß der Steuerung ein die Temperatur der Brennkraftmaschine erfassender Sensor zugeordnet ist und daß die Steuerung den gespeicherten Wert des Betriebsparameters abhängig von der erfaßten Temperatur korrigiert. Auf diese Weise läßt sich auch das Optimum des Betriebsparameters, beispielsweise des spezifischen Kraftstoffverbrauchs beispielsweise abhängig von der Öltemperatur oder der Kühlwassertemperatur der Brennkraftmaschine auf ein Minimum bringen. In gleicher Weise können auch Datenkombinationen für mehrere sich gegebenenfalls gegenseitig beeinflussende Betriebsparameterkombinationen vorgegeben werden, wie zum Beispiel minimaler spezifischer Kraftstoffverbrauch bei möglichst geringer Schadstoffemission. Der Steuerung werden in einem solchen Fall Daten über den tatsächlichen Kraftstoffverbrauch, die beispielsweise durch einen Kraftstoff-Durchflusssensor gemessen oder aus Kraftstoff-Einspritzdaten ermittelt werden, und Daten eines Abgassensors, beispielsweise einer Lambda-Sonde zugeführt. Auch bei dieser Variante kann die Temperaturabhängigkeit dieser Betriebsparameter berücksichtigt sein. Speziell bei der Berücksichtigung mehrerer Betriebsparameter kann es zur Vereinfachung der Betriebspunkteinstellung der Brennkraftmaschine günstig sein, wenn der Betriebspunkt der Brennkraftmaschine über mehrere unterschiedliche Stellmittel beeinflusst wird. Beispielsweise kann zusätzlich zur Leistungseinstellung der Brennkraftmaschine der Zündzeitpunkt oder der Kraftstoff-Einspritzzeitpunkt beeinflusst werden.

Bei den vorstehend erläuterten Ausgestaltungen der Erfindung erfolgt die betriebsparameteroptimierte Steuerung der Brennkraftmaschine auf der Basis gespeicherter Datenkombinationen. Das der Erfindung zugrunde liegende Konzept erlaubt auch eine "On-line"-Optimierung des Betriebspunkts der Brennkraftma-

schine. Unter einem zweiten Aspekt der Erfindung, der selbständige Bedeutung hat, ist es Ziel der Erfindung, den Betrieb der Brennkraftmaschine so zu steuern, daß mehrere Betriebsparameter zugleich optimiert werden können.

Ausgehend von der eingangs erläuterten Antriebsanordnung für Kraftfahrzeuge mit elektromotorischem Antrieb wird dieses Ziel dadurch erreicht, daß der Steuerung Sensoren zur Erfassung von Istwerten mehrerer der Betriebsparameter der Brennkraftmaschine zugeordnet sind, insbesondere zur Erfassung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs und/oder der Schadstoffemission und/oder der Schadstoffzusammensetzung und/oder der Geräuschentwicklung, daß der Steuerung ferner ein Datenspeicher zugeordnet ist, der Kombinationsalgorithmen für vorbestimmte, gleichzeitig zu erreichende Optima mehrerer der Betriebsparameter speichert und daß die Steuerung bei auf dem vorgegebenen Leistungs-Sollwert gehaltener Leistung der Brennkraftmaschine oder der Generatoranordnung oder des Elektromotors den Drehzahl-Sollwert und/oder die Einstellung wenigstens des einen Stellantriebs abhängig von den erfaßten Istwerten der Betriebsparameter und dem im Datenspeicher gespeicherten Kombinationsalgorithmen so variiert, daß die Brennkraftmaschine bei dem Optimum der Betriebsparameter betrieben wird. Unter diesem Aspekt sucht die Steuerung selbsttätig nach dem Optimum des Betriebsparameters für den vorgegebenen Leistungs-Sollwert, wobei durch die Algorithmen der Zusammenhang zwischen den Betriebsparametern in gewünschter Weise vorgegeben wird. Beispielsweise kann der Zündwinkel und die Drosselklappenstellung gemeinsam derart variiert werden, daß bei konstant bleibender Leistung der spezifische Verbrauch abnimmt, ohne daß jedoch zulässige Höchstgrenzen der Schadstoffemission überschritten werden. Zusätzlich oder alternativ kann der Kraftstoffverbrauch mit Forderungen nach geringer Geräuschentwicklung bei angenehmem Klangbild und/oder hohem Beschleunigungsvermögen bei weitgehender Motorschonung optimiert werden. Soweit für dieses Ziel zur Ermittlung der Istwerte Sensoren erforderlich sind, sollen hierunter nicht nur Sensoren verstanden werden, die den Betriebsparameter direkt messen, sondern auch Mittel, die den Istwert indirekt aus anderen Informationen ermitteln, wie zum Beispiel Mittel, die den spezifischen Kraftstoffverbrauch aus der Einspritzdauer ermitteln. Die Variation des Drehzahl-Sollwerts und/oder die Einstellung wenigstens des einen Stellantriebs durch die Steuerung erfolgt zweckmäßigerweise so, daß zusätzlich zur Leistung zumindest einer der Betriebsparameter auf einem konstanten Wert gehalten wird, während der Wert eines weiteren Betriebsparameters dem Optimum angenähert wird.

Um die Optimierung der Betriebsparameter zu beschleunigen, speichert der Datenspeicher ferner Kennfelddaten für Kombinationen von Daten für den Leistungs-Sollwert und/oder Daten für den Drehzahl-Sollwert und/oder Daten für die Einstellung wenigstens des einen Stellantriebs mit Daten für den Wert zumindest eines der Betriebsparameter. Die Steuerung erfaßt Abweichungen des von dem Sensor erfaßten Istwerts des Betriebsparameters von dem gespeicherten Wert und korrigiert den gespeicherten Wert abhängig von der Abweichung insbesondere in Inkrementen. Auf diese Weise stehen in dem Datenspeicher Basisregelgrößen zur Verfügung, von denen ausgehend die Steuerung den optimalen Betriebspunkt einstellt. Das letztgenannte

Konzept läßt sich auch zur Aktualisierung der unter dem ersten Aspekt der Erfindung erläuterten Datenkombinationen ausnutzen.

Von besonderer Bedeutung ist eine Ausgestaltung, bei der der Datenspeicher nicht nur die vorstehend erläuterten korrigierten Betriebsparameterdaten speichert, sondern auch Kombinationen von Anfangsdaten, die die Kennfelddaten im Neuzustand der Brennkraftmaschine repräsentieren. Die Steuerung vergleicht die in vorstehender Weise korrigierten Daten wenigstens eines Betriebsparameters, insbesondere des spezifischen Kraftstoffverbrauchs mit den Anfangsdaten und erzeugt bei Überschreitung eines vorbestimmten Werts oder eines vorbestimmten Kennfeldverlaufs der Abweichung ein eine Betriebsstörung repräsentierendes Steuersignal. Der Vergleich der aktuellen Betriebsparameterdaten mit den Anfangsdaten eröffnet Motordiagnosemöglichkeiten. Ändert sich beispielsweise der Kraftstoffverbrauch abrupt unter Abfall des Drehmoments oder der Leistung der Brennkraftmaschine, so kann hieraus auf den Ausfall eines oder mehrerer Zylinder der Brennkraftmaschine geschlossen werden. Übermäßige Änderungen der Schadstoffemission lassen sich als Defekt von Komponenten der Steuerung eines Dreiwegekatalysators interpretieren.

Das die Betriebsstörung repräsentierende Steuersignal läßt sich zur Information des Fahrers beispielsweise durch Aktivierung einer Warneinrichtung ausnutzen. Ebenso kann ein Fehlerspeicher eines Diagnosesystems gesetzt werden, der Daten für eine spätere Reparatur speichert. Abhängig von der Art des diagnostizierten Fehlers kann aber auch unmittelbar in den Betrieb der Brennkraftmaschine eingegriffen werden, um weitergehende Schäden zu vermeiden. Beispielsweise kann die maximale Leistung und/oder die maximale Drehzahl der Brennkraftmaschine auf tolerierbare Werte begrenzt werden, oder aber es wird ein die Kraftstoffeinspritzmenge eines defekten Zylinders reduzierendes Notfahrprogramm aktiviert.

Das Grundkonzept der Erfindung, bei welchem die Brennkraftmaschine eine Generatoranordnung treibt, die ihrerseits die für den elektromotorischen Antrieb erforderliche elektrische Leistung erzeugt, erlaubt unter einem dritten Aspekt der Erfindung, der ebenfalls selbständige Bedeutung hat, zusätzliche Diagnosemöglichkeiten für Betriebsstörungen der Brennkraftmaschine. Auch unter dem dritten Aspekt der Erfindung sind Mittel zur Erfassung eines Istwerts der Drehzahl der Brennkraftmaschine oder der mit ihr gekuppelten Generatoranordnung sowie Mittel zur Erfassung eines Istwerts der von der Generatoranordnung erzeugten und/oder der von dem Elektromotor aufgenommenen elektrischen Leistung vorgesehen. Die Steuerung umfaßt wiederum Drehzahl-Regelmittel, die die Ist-Drehzahl im zeitlichen Mittel auf einem vorgegebenen Drehzahl-Sollwert halten, sowie Leistungs-Regelmittel, die die elektrische Ist-Leistung im zeitlichen Mittel auf einem vorgegebenen Leistungs-Sollwert halten. Die Steuerung erfaßt den momentanen Verlauf des Stroms der Generatoranordnung in Abhängigkeit von der momentanen Kurbelwellen-Winkelposition der Brennkraftmaschine, ermittelt abhängig von dem Strom den momentanen Verlauf des Drehmoments der Brennkraftmaschine in Abhängigkeit von der Kurbelwellen-Winkelposition und vergleicht den momentanen Verlauf des Drehmoments mit in einem Datenspeicher gespeicherten Sollwerten für die Größe und/oder den momentanen Verlauf des Drehmoments. Ergeben sich Abweichungen

mit einer vorbestimmten Größe oder einem vorbestimmten Verlauf, wird wiederum ein eine Betriebsstörung repräsentierendes Steuersignal erzeugt. Diesem Aspekt der Erfindung liegt die Überlegung zugrunde, daß der zeitliche Verlauf des Stroms der Generatoranordnung ein Maß für das von der Brennkraftmaschine in Abhängigkeit vom Kurbelwellenwinkel erzeugte Drehmoment ist und dementsprechend den zeitlichen Verlauf der Ungleichförmigkeit der Kurbelwellendrehung repräsentiert. Durch Analyse des Drehmomentverlaufs kann die Kompression der einzelnen Zylinder und Fehlfunktionen, wie zum Beispiel Zündaussetzer und Klopfen einzelner Zylinder, diagnostiziert werden. Die Größe des Drehmoments liefert darüber hinaus Informationen für eine Optimierung des Zündwinkels. Da der Strom der Generatoranordnung gegebenenfalls kommutiert und stark geglättet wird, werden zur Ermittlung von Drehmomentschwankungen der Brennkraftmaschine zweckmäßigerweise die Ströme in den einzelnen Strängen der Generatoranordnung gemessen. Das die Betriebsstörung repräsentierende Steuersignal kann, wie bereits erläutert, zur Information des Fahrers oder eines Diagnosesystems oder aber zur Aktivierung eines Notbetriebs ausgenutzt werden.

Unter einem vierten Aspekt mit selbständiger Bedeutung ermöglicht das der Erfindung zugrunde liegende Antriebskonzept noch weitergehende Diagnosemöglichkeiten. Ziel dieses Aspekts ist es, Informationen über den mechanischen Zustand der Brennkraftmaschine zu ermitteln.

Ausgehend von der eingangs erläuterten grundsätzlichen Antriebsanordnung ist unter diesem Aspekt der Erfindung vorgesehen, daß die Steuerung während des Motorbetriebs der Generatoranordnung den momentanen Verlauf des Stroms bei abgestellter Zündung und/oder Kraftstoffzufuhr der Brennkraftmaschine erfaßt und hiervon abhängig den momentanen Verlauf des von der Generatoranordnung erzeugten Schleppmoments in Abhängigkeit vom Kurbelwellenwinkel der Brennkraftmaschine ermittelt und daß die Steuerung Abweichungen der Größe und/oder des Verlaufs des ermittelten Schleppmoments von vorgegebenen Sollwerten und/oder einem Sollverlauf erfaßt und abhängig von der Größe und/oder dem Verlauf der Abweichung ein eine Betriebsstörung repräsentierendes Steuersignal erzeugt.

Dieser Aspekt der Erfindung geht von der Überlegung aus, daß der Generatorstrom bei abgestellter Zündung bzw. Kraftstoffzufuhr den kurbelwellenwinkelabhängigen Verlauf des Schleppmoments der Brennkraftmaschine repräsentiert, so daß durch Analyse des Stromverlaufs auf den mechanischen Zustand der Brennkraftmaschine geschlossen werden kann. Beispielsweise kann aus dem Stromverlauf und damit dem Schleppmomentverlauf auf die Kompression bzw. Verdichtung einzelner Zylinder, auf die Funktionsfähigkeit von Einlaßventilen und Auslaßventilen, auf den Zustand der Lagerstellen, insbesondere der Kurbelwelle, oder auch auf die Zylinderwandreibung geschlossen werden. Die für das Schleppen der Brennkraftmaschine benötigte Leistung kann aus einem Energiespeicher, beispielsweise einer Batterie oder einem von einem Schwungrad angetriebenen Generator, bereitgestellt werden oder aber im Fahrbetrieb bei einer Fahrzeugabbremung durch den dann im Generatorbetrieb arbeitenden Elektromotor geliefert werden.

Zweckmäßigerweise speichert die Steuerung den momentanen Verlauf des Schleppmoments in Abhängig-

keit der Kurbelwellen-Winkelposition in einem Datenspeicher. Auf diese Weise kann der Verlauf des Schleppmoments für wenigstens 720° des Kurbelwellenwinkels erfaßt werden, so daß ein vollständiger Arbeitszyklus einer Viertakt-Brennkraftmaschine analysiert werden kann.

In einer bevorzugten Ausgestaltung erfaßt die Steuerung während des Motorbetriebs der Generatoranordnung die Drehzahl und/oder die Temperatur der Brennkraftmaschine und ermittelt den momentanen Verlauf des Schleppmoments für mehrere unterschiedliche Werte und/oder zumindest einen zeitabhängigen Verlauf der Drehzahl und/oder der Temperatur. Auf diese Weise kann die Analyse der mechanischen Eigenschaften der Brennkraftmaschine für unterschiedliche Schleppdrehzahlen durchgeführt werden, und ferner kann die Analyse während der Aufwärm- oder Abkühlphase bei sich ändernder Temperatur erfolgen, was eine bessere Extrahierung der Informationen erlaubt.

Die "Schleppdiagnose" muß nicht bei jedem Fahrzeugschubetrieb bzw. Start der Brennkraftmaschine erfolgen. Zweckmäßigerweise überprüft die Steuerung das Schleppmoment lediglich nach einer vorbestimmten Mehrzahl Anlaßvorgänge der Brennkraftmaschine und/oder nach einer vorbestimmten Fahrstrecke des Kraftfahrzeugs und/oder oberhalb einer festgelegten Temperatur der Brennkraftmaschine auf Abweichungen von den vorgegebenen Sollwerten.

Wie bereits bei den vorstehenden, auf die Diagnose gerichteten Aspekten der Erfindung erläutert, wird auch unter diesem Aspekt der Erfindung der momentane Verlauf des Schleppmoments aus den jeweils für sich erfaßten Strömen in den einzelnen Wicklungssträngen der mehrere Wicklungsstränge umfassenden Generatoranordnung ermittelt. Auch bei diesem Aspekt der Erfindung läßt sich das die Betriebsstörung der Erfindung repräsentierende Steuersignal zur Information des Fahrers oder für die Speicherung in einem Diagnosesystem ausnutzen, und auch hier kann ein geeignetes Notfahrprogramm durch das Steuersignal aktiviert werden.

Im folgenden soll die Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert werden. Hierbei zeigt

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Antriebsanordnung für ein Kraftfahrzeug;

Fig. 2 ein Motorkennlinienfeld einer Brennkraftmaschine der Anordnung nach Fig. 1 zur Erläuterung der Betriebsweise der Anordnung;

Fig. 3 eine Variante der Antriebsanordnung aus Fig. 1;

Fig. 4 ein Motorkennlinienfeld zur Erläuterung der Betriebsweise der Antriebsanordnung nach Fig. 3;

Fig. 5, 6a und 6b Drehmomentdiagramme zur Erläuterung von Diagnoseeinrichtungen erfindungsgemäßer Antriebsanordnungen.

Die in Fig. 1 dargestellte Antriebsanordnung umfaßt eine von einer Brennkraftmaschine 1 angetriebene Generatoranordnung 3 eines Typs mit einer Vielzahl statorseitiger Strangwicklungen und rotorseitiger Permanentmagnete. An die nicht näher dargestellten Strangwicklungen ist eine elektronische Kommutierungs- und Stromsteuerschaltung 5 angeschlossen, die den von der Generatoranordnung 3 bei Antrieb durch die Brennkraftmaschine 1 gelieferten Wechselstrom durch elektronische Kommutierung in einen Gleichstrom steuerbarer Größe wandelt. Die Stromsteuerschaltung 5 speist über einen Gleichspannungszwischenkreis 7 mehrere elektronische Kommutierungs- und Stromsteuer-

schaltungen 9 von Elektromotoren 11, von denen jeder gesondert je eines der Räder des Kraftfahrzeugs antreibt. Fig. 1 zeigt lediglich einen der Elektromotore 11 mit zugehöriger Kommutierungs- und Stromsteuerschaltung. Auch bei den Elektromotoren 11 handelt es sich bevorzugt um Motore mit einer mehrsträngigen Statorwicklung und einem Permanentmagnetrotor. An die Kommutierungs- und Stromsteuerschaltung 5 ist eine Spannungsregelschaltung 13 angeschlossen, die die Ist-Spannung des Gleichstromzwischenkreises 7 erfaßt und über die Stromsteuerschaltung 5 auf einem bei 15 vorgebbaren Sollwert hält.

Über einen Signalweg 17 kann der von der Stromsteuerschaltung 5 an den Gleichspannungszwischenkreis 7 abgegebene Gleichstrom von einer Steuerung 19 gesteuert werden.

Die Steuerung 19 spricht auf die mittels eines Sensors 21 erfaßte Stellung eines Fahrpedals 23 an und steuert die dem Produkt aus Strom mal Spannung des Gleichspannungszwischenkreises entsprechende, für den Antrieb zur Verfügung stehende elektrische Leistung abhängig von der Fahrpedalstellung. Die Steuerung 19 steuert über einen Signalweg 25 darüber hinaus den Strom der Elektromotore 11 und damit deren Antriebsdrehmoment.

Die an den Gleichstromzwischenkreis 7 gelieferte elektrische Leistung muß unter Berücksichtigung der Verluste der Generatoranordnung 3 und der Stromsteuerschaltung 5, d. h. unter Berücksichtigung der elektrischen Wirkungsgrade dieser Komponenten, von der Brennkraftmaschine 1 aufgebracht werden. Die Steuerung 19 steuert dementsprechend über einen Stellantrieb 27 ein Leistungsstellglied 29 der Brennkraftmaschine, beispielsweise eine Drosselklappe oder eine Einspritzpumpe, ebenfalls abhängig von der Fahrpedalstellung.

Aufgrund der mechanischen Antriebsverbindung arbeiten die Brennkraftmaschine 1 und die Generatoranordnung 3 mit gleicher Drehzahl, wobei im stationären Betrieb das von der Brennkraftmaschine 1 abgegebene Drehmoment gleich dem von der Generatoranordnung 3 aufgenommenen Drehmoment ist. Die von der Brennkraftmaschine erzeugte Leistung ist näherungsweise proportional dem Produkt aus Drehmoment und Drehzahl. Entsprechendes gilt für die von der Generatoranordnung 3 erzeugte elektrische Leistung, die gleich der Leistung der Brennkraftmaschine 1 vermindert um die Wirkungsgradverluste der Generatoranordnung ist. Die Einstellung des Leistungsstells 29 der Brennkraftmaschine 1 einerseits und der an der Stromsteuerschaltung 5 eingestellte Generatorstrom andererseits bilden zwei Einflußgrößen, die es erlauben, den Betriebspunkt der Brennkraftmaschine 1 in deren Kennfeld längs einer Kennlinie konstanter Leistung im wesentlichen beliebig zu variieren. Fig. 2 zeigt das Kennfeld einer Brennkraftmaschine mit 100 kW Leistung. Das Kennlinienfeld zeigt das von der Brennkraftmaschine abgegebene, von der Generatoranordnung aufgenommene Drehmoment  $M$  in Abhängigkeit von der Drehzahl  $n$ . Mit dick gestrichelten Linien sind in dem Kennlinienfeld Kurven  $P$  konstanter Leistung der Brennkraftmaschine dargestellt. Dünn gestrichelte Linien  $D$  bezeichnen unter Angabe des Drosselklappenwinkels die Einstellung des Leistungsstells 29 der Brennkraftmaschine. Mit ausgezogenen dünnen Linien sind in dem Kennfeld der Fig. 2 Kurven  $b$  mit konstantem spezifischem Kraftstoffverbrauch in Gramm pro Kilowattstunde eingezeichnet. Das Kennfeld zeigt, daß Betriebspunkte gleicher Lei-

stung bei unterschiedlichen Drehzahlen durch geeignete Einstellung des Drosselklappenwinkels erreicht werden können, daß aber jedem Leistungswert nur ein Betriebspunkt mit minimalem spezifischem Kraftstoffverbrauch zugeordnet ist. Die Betriebspunkte mit minimalem spezifischem Kraftstoffverbrauch liegen in dem Kennfeld auf einer dick strichpunktirt eingezeichneten Linie  $B$ . Beispielsweise ist der spezifische Kraftstoffverbrauch für eine Leistung von 30 kW minimal, wenn der Drosselklappenwinkel  $45^\circ$  und die Drehzahl etwa 2100 Umdrehungen pro Minute beträgt.

Die Antriebsanordnung nach Fig. 1 erlaubt es, die Brennkraftmaschine 1 zumindest im stationären Betrieb stets in einem Betriebspunkt mit minimalem Kraftstoffverbrauch zu betreiben. Hierzu sind in einem Datenspeicher 31 der Steuerung 19 Datenkombinationen des Kennfelds gespeichert, die die Betriebspunkte der Kennlinie  $B$ , für die sich minimaler spezifischer Kraftstoffverbrauch ergibt, speichert. Die gespeicherten Datenkombinationen umfassen für die den einzelnen Leistungswerten zugeordneten Betriebspunkte jeweils Daten für einen Drehzahl-Sollwert sowie Daten für die Einstellung des Leistungsstells 29 der Brennkraftmaschine 1. Die Steuerung 19 liest abhängig von dem über das Fahrpedal 23 angeforderten Leistungs-Sollwert den Drehzahl-Sollwert sowie den Einstellwert des Stellglieds 29 aus dem Datenspeicher 31 aus. Ein Drehzahlregelkreis 33, der Bestandteil der Steuerung 19 sein kann, regelt über die Stromsteuerschaltung 5 die elektrische Leistung der Generatoranordnung 3 auf einen Wert ein, bei dem die Drehzahl gleich dem Drehzahl-Sollwert des gewünschten Betriebspunkts ist. Die bei dem Drehzahlregler 33 zugeführte Ist-Drehzahlinformation wird beispielsweise mittels eines Sensors oder dergleichen erfaßt. Zugleich mit der Einstellung der Drehzahl stellt die Steuerung 19 den Stellantrieb 27 des Leistungsstells 29 auf den durch die Datenkombination festgelegten Drosselklappenwinkel.

Aufgrund von Temperatureinflüssen oder sonstiger Betriebsparameter der Brennkraftmaschine 1 kann die von der Brennkraftmaschine 1 tatsächlich erzeugte Leistung von dem der Datenkombination des Betriebspunkts zugrunde liegenden Leistungssollwert abweichen. Die Steuerung 19 umfaßt deshalb einen bei 37 angedeuteten Leistungsregler, der abhängig von der durch Strom und Spannung der Generatoranordnung 3 bestimmten elektrischen Leistung einen Leistungs-Istwert ermittelt und mit dem entsprechend der Fahrpedalstellung vorgegebenen Leistungs-Sollwert vergleicht. Zur Leistungsregelung überwacht die Steuerung 19, ob die Drehzahl den Drehzahl-Istwert erreicht hat und gibt danach den auf den Stellantrieb 27 wirkenden Leistungsregler 37 zum Einregeln der Leistung auf den Leistungs-Sollwert frei.

Bei einer Änderung der Fahrpedalstellung, beispielsweise für eine Erhöhung der Leistung von  $P=30$  kW auf  $P=80$  kW, ändert die Steuerung 19 die Drosselklappenstellung  $D$  von  $45^\circ$  auf den der Datenkombination des neuen Betriebspunkts bei  $P=80$  kW entsprechenden Winkel von  $60^\circ$ . Die Drosselklappenstellungsänderung bewirkt eine in Fig. 2 durch einen Pfeil 39 dargestellte Erhöhung des Drehmoments, durch die die Brennkraftmaschine 1 auf die dem neuen Betriebspunkt zugeordnete Drehzahl von etwa 4750 Umdrehungen pro Minute beschleunigt wird. Nachdem der Drehzahlregler 33 die Drehzahl auf diesen durch die Datenkombination des neuen Betriebspunkts festgelegten Drehzahl-Sollwert eingeregelt hat, regelt auch der Leistungsregler 37 die



Leistung der Brennkraftmaschine 1 auf den die Datenkombination des neuen Betriebspunkts bestimmenden Leistungs-Sollwert von 80 kW ein. Mit einer punktierten Linie 41 ist in Fig. 2 der drehzahlabhängige Verlauf des Motormoments während der Leistungsänderung dargestellt.

Das Kennfeld der Fig. 2 zeigt die Abhängigkeit des Drehmoments M der Brennkraftmaschine von der Drehzahl der Einheit aus Brennkraftmaschine und Generatoranordnung. Die Steuerung der Antriebsanordnung kann jedoch auch auf der Grundlage eines Kennfelds erfolgen, welches als Parameter die elektrische Ausgangsleistung der Generatoranordnung 3 oder der Stromsteuerung 5 enthält, also den Wirkungsgrad dieser Komponenten mit berücksichtigt. Das Kennlinienfeld des spezifischen Kraftstoffverbrauchs ist in Fig. 2 dem Drehmomentkennfeld der Brennkraftmaschine überlagert, wobei die Datenkombinationen bereits die Betriebspunkte mit minimalem spezifischem Kraftstoffverbrauch repräsentieren. Das Kennfeld des spezifischen Kraftstoffverbrauchs b kann jedoch auch gesondert gespeichert sein, und die Steuerung 19 kann die Datenkombinationen der Betriebspunkte im Einzelfall jeweils aus mehreren Kennfeldern errechnen.

Der Steuerung 19 sind bei 43 angedeutete Kraftstoffmeßeinrichtungen zugeordnet, die den tatsächlichen Kraftstoffverbrauch ermitteln. Bei den Kraftstoffmeßeinrichtungen kann es sich um Durchflußmesser oder dergleichen handeln oder aber um Mittel, die eine Information über die zugeführte oder eingespritzte Kraftstoffmenge einem elektronischen Motorsteuerungssystem entnehmen oder aus Öffnungszeiten von Einspritzventilen ermitteln. Die Steuerung 19 ermittelt den spezifischen Kraftstoff-Istverbrauch aus der aktuell zugeführten Kraftstoffmenge bezogen auf die im aktuellen Betriebspunkt eingestellte Leistung. Die in dem Datenspeicher 31 gespeicherten Daten über den spezifischen Kraftstoffverbrauch werden abhängig vom Ist-Verbrauch kontinuierlich aktualisiert. Auf diese Weise paßt sich das Kennfeld selbsttätig an alterungsbedingte oder durch Serienstreuung bedingte Unterschiede der Brennkraftmaschine 1 an. Die Anpassung des Kennfelds des spezifischen Kraftstoffverbrauchs erfolgt schrittweise, beispielsweise in der Form, daß die gespeicherte Information über den spezifischen Kraftstoffverbrauch lediglich um einen vergleichsweise kleinen Bruchteil der tatsächlichen Abweichung geändert wird. Auf diese Weise wird der Einfluß von Meßfehlern oder dergleichen bei der Ermittlung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs auf das Kennfeld klein gehalten. Es versteht sich, daß die Steuerung 19 beispielsweise nach herkömmlichen iterativen Methoden auch die Betriebspunkte mit minimalem spezifischem Kraftstoffverbrauch nach einer Aktualisierung des Kennfelds korrigiert.

Die Anpassung des Verbrauchskennfelds erfolgt in Abhängigkeit weiterer Betriebsparameter der Brennkraftmaschine 1, insbesondere in Abhängigkeit von der mittels eines Temperatursensors 45 erfaßten Öltemperatur oder Kühlwassertemperatur der Brennkraftmaschine 1.

Neben dem spezifischen Kraftstoffverbrauch können weitere Betriebsparameter bei der Einstellung eines optimalen Betriebspunkts der Brennkraftmaschine 1 mit berücksichtigt werden. Beispielsweise wird die den Betriebspunkt festlegende Leistung auch durch den Zündwinkel oder das Kraftstoff-Luft-Mischungsverhältnis oder die Temperatur der angesaugten Luft beeinflußt.

Der Datenspeicher 31 kann zusätzliche Kennfelder für diese Betriebsparameter enthalten. Der Datenspeicher 31 enthält ferner Kombinationsalgorithmen, die es der Steuerung 19 ermöglichen, die Bedeutung der einzelnen Betriebsparameter zu bewerten und abhängig von der Bewertung ein der Betriebssituation angemessenes Optimum mehrerer der Betriebsparameter zu ermitteln.

Basis der Ermittlung des gemeinsamen Optimums mehrerer Betriebsparameter ist, daß die von der Brennkraftmaschine oder die von der Generatoranordnung abgegebene Leistung auf dem vorgegebenen Leistungs-Sollwert konstant gehalten wird. Diese Voraussetzung ermöglicht es, auch nicht kraftstoffverbrauchsorientierte Betriebsparameter in die Optimierung mit einzubeziehen. Die Steuerung 19 variiert die auf die Leistung sich auswirkenden Betriebsgrößen vorzugsweise so, daß sich ein durch die gespeicherten Kombinationsalgorithmen definiertes Optimum aus der Kombination folgender Ziele ergibt:

- Minimaler spezifischer Kraftstoffverbrauch,
- minimale Schadstoffmenge und harmloseste Schadstoffzusammensetzung,
- minimale Geräuschemission,
- möglichst große Schonung der Brennkraftmaschine.

Die Steuerung spricht hierzu auf einen Sensor 47 zur Ermittlung des Schadstoffgehalts, zum Beispiel eine Lambda-Sonde und/oder auf einen Sensor 49 zur Geräuschemessung an. Der Datenspeicher 31 enthält dementsprechend Kennfelder für die Schadstoffemission und -zusammensetzung, ein Geräuschkennfeld sowie Informationen über die Motorschonung. Es versteht sich, daß die Steuerung 19 gegebenenfalls auch nur einen Teil der vorstehenden Kennfelder bei der Bestimmung des optimalen Betriebspunkts berücksichtigt und daß auch diese Kennfelder gegebenenfalls aktualisierbar sind, wie dies anhand des Kennfelds für den spezifischen Kraftstoffverbrauch bereits erläutert wurde.

Beispielsweise variiert die Steuerung 19 den Zündwinkel und die Einstellung des Leistungsstellglieds 29 gemeinsam derart, daß bei konstant gehaltener Leistung der spezifische Kraftstoffverbrauch abnimmt, ohne daß jedoch zulässige Höchstgrenzen der Schadstoffemission überschritten werden. Für die Einstellung des Betriebspunkts mit niedrigstem spezifischem Kraftstoffverbrauch variiert die Steuerung 19 die Drehzahl mittels des Drehzahlreglers 33 und die Einstellung des Leistungsstellglieds 29 derart, daß die ermittelte Ausgangsleistung der Generatoranordnung 3 konstant bleibt. In dem Kennfeld der Fig. 2 bedeutet dies ein Entlangführen des Betriebspunkts entlang einer Kurve konstanter Leistung, wie dies für einen Betriebspunkt 51 durch einen Doppelpfeil 53 angedeutet ist. Der Leistungsregler 37 sorgt nach einer Änderung von Drehzahl und Einstellung des Leistungsstellglieds 29 für das Konstanthalten der Leistung. Entlang der Kurve konstanter Leistung wird der spezifische Kraftstoffverbrauch sowie gegebenenfalls die Werte der darüber hinaus zu berücksichtigenden Betriebsparameter ermittelt und zusammen mit der zugehörigen Drehzahl in dem Datenspeicher 31 gespeichert. Erhöht sich der spezifische Kraftstoffverbrauch bei der Bewegung längs der Kurve konstanter Leistung, so ist dies ein Zeichen, daß sich der aktuelle Betriebspunkt vom optimalen Betriebspunkt entfernt. Durch nachfolgende Variation der Drehzahl sorgt die Steuerung 19 wieder für einen günstigeren spezifischen

Kraftstoffverbrauch. Die Einregelung der für minimalen Kraftstoffverbrauch günstigsten Drehzahl kann auch im laufenden Fahrbetrieb erfolgen, so daß das Kennfeld für den exakten spezifischen Kraftstoffverbrauch nicht zwingend bekannt sein muß, um im Betrieb optimale Verhältnisse zu schaffen.

Werden mehrere Betriebsparameter optimiert, so erfolgt dies so, daß bis auf den zu variierenden Parameter die übrigen Parameter konstant gehalten werden.

Fig. 3 zeigt eine Variante einer Antriebsanordnung, die sich von der Antriebsanordnung der Fig. 1 im wesentlichen nur durch die beim Einstellen der Betriebspunkte angewandte Regelungsstrategie unterscheidet. Gleichwirkende Komponenten sind mit den Bezugswerten der Fig. 1 und zur Unterscheidung mit dem Buchstaben a versehen. Zur Erläuterung des Aufbaus und der Funktionsweise dieser Komponenten wird auf die Beschreibung der Fig. 1 und 2 Bezug genommen.

Im Unterschied zur Antriebsanordnung der Fig. 1 steuert der Drehzahlregler 33a den Stellantrieb 27a des Leistungsstellglieds 29a, während der Leistungsregler 37a über den Spannungsregler 13a die Stromerschaltung 5a den Generatorstrom und damit die von der Generatoranordnung 3a an den Gleichspannungszwischenkreis 7a abgegebene elektrische Leistung beeinflusst. Für die Einstellung eines Betriebspunkts in dem Kennfeld der Fig. 4 liest die Steuerung 19a abhängig von dem durch die Stellung des Fahrpedals 23a vorgegebenen Leistungs-Sollwert eine Datenkombination der Daten dieses Leistungs-Sollwerts mit Daten zumindest für einen Drehzahl-Sollwert aus dem Speicher 31a aus. Abhängig von dem Drehzahl-Sollwert regelt der Drehzahlregler 33a die Drehzahl der Brennkraftmaschine auf die Soll-Drehzahl und der Leistungsregler 37a die abgegebene Leistung auf die Soll-Leistung ein. Die Datenkombination kann die Daten weiterer Betriebsparameter umfassen, und im Datenspeicher 31a können Daten für die Optimierung der Betriebsparameter gespeichert sein, wie dies anhand Fig. 1 erläutert wurde.

Bei einer durch Ändern der Fahrpedalstellung gewünschten Leistungsänderung wird im Gegensatz zu der anhand von Fig. 2 erläuterten Einstellstrategie das Leistungsstellglied 29a nicht sofort auf den nach der Leistungsänderung sich ergebenden Einstellwert gestellt, sondern entsprechend der sich ändernden Drehzahl auf der Kurve B des minimalen Kraftstoffverbrauchs nachgeführt. Wie in Fig. 4 dargestellt, ändert sich bei einer Leistungsänderung von  $P=20$  kW auf  $P=60$  kW der Drosselklappenwinkel von  $35^\circ$  auf  $55^\circ$  bei einer Drehzahländerung von 1500 auf 3600 Umdrehungen pro Minute. Um ein Beschleunigungsmoment für die Brennkraftmaschine 1a zu erhalten, erhöht die Steuerung 19a den Drehzahl-Sollwert, wodurch die Drehzahl anzusteigen beginnt. Um ein Beschleunigungsmoment für die Brennkraftmaschine 1a zu erhalten, hält der Leistungsregler 37a jedoch die von der Generatoranordnung 3a an den Gleichspannungszwischenkreis 7a abgegebene elektrische Leistung konstant, bis sich ein gewünschtes, die Brennkraftmaschine 1a beschleunigendes Überschußmoment M1 ergibt. Sodann wird die elektrische Leistung entlang einer beliebig wählbaren Kurve A1 in den neuen Betriebspunkt geführt. Sobald die Brennkraftmaschine 1a den Drehzahl-Sollwert erreicht hat, steht die Beschleunigungsleistung für das Kraftfahrzeug voll zur Verfügung. Die Steuerung 19a sorgt auf diese Weise bei minimalem Kraftstoffverbrauch zuerst für die Beschleunigung der Brennkraftmaschine 1a und Generatoranordnung 3a

und erst nach Erreichen des neuen Betriebspunkts für die Abgabe der elektrischen Leistung an die Elektromotore 11a.

Für maximale Beschleunigung, zum Beispiel bei "Kick down", wird auch für die Zeit der Leistungsänderung ein Verlassen der Kurve des minimalen Verbrauchs zugelassen, wobei das Leistungsstellglied 29a auf seine durch die Kurve  $D_{max}$  repräsentierte Vollaststellung eingestellt wird. Die Brennkraftmaschine 1 folgt damit im Kennfeld der Fig. 4 der Linie 55, und für die Beschleunigung der Brennkraftmaschine steht das Überschußmoment M2 zur Verfügung, nachdem der Leistungsregler 37a die elektrische Leistung wiederum entsprechend der Kurve A1 nachführt. Sobald die Brennkraftmaschine 1a den Drehzahl-Sollwert erreicht hat, wird das Stellglied auf den Betriebspunkt mit minimalem Kraftstoffverbrauch zurückgestellt ( $55^\circ$  im Beispiel der Fig. 4).

Die Möglichkeit, Kennfelddaten des Leistungskennfelds der Einheit aus Brennkraftmaschine und Generatoranordnung zu aktualisieren, erlaubt eine Fehlerdiagnose der Brennkraftmaschine, wie dies nachfolgend anhand der Antriebsanordnung der Fig. 1 erläutert wird. Die Diagnosemöglichkeit besteht selbstverständlich auch bei der Antriebsanordnung der Fig. 3.

Für die Fehlerdiagnose überwacht die Steuerung 19 die in dem Datenspeicher 31 gespeicherten Kennfelddaten für den spezifischen Kraftstoffverbrauch. Aus der Drehzahlabhängigkeit und der Größe aktualisierter Verbrauchsdaten kann durch Vergleich mit früheren Daten, insbesondere mit einem den Neuzustand der Brennkraftmaschine 1 repräsentierenden ursprünglichen Soll-Kennfeld eine Information über den Motorzustand, zum Beispiel dessen Verschleiß, gewonnen werden. Beispielsweise kann bei einem Vierzylindermotor bei plötzlichem Abfall des Kehrwegs des spezifischen Kraftstoffverbrauchs auf 75% des ursprünglichen Werts auf einen Ausfall eines der Zylinder, zum Beispiel durch eine defekte Zündkerze, geschlossen werden. Ausgehend von dem von der Generatoranordnung 3 erzeugten Strom, insbesondere den noch nicht geglätteten Strömen in den einzelnen Strängen kann die Steuerung 19 die Größe des periodisch schwankenden Drehmoments der Brennkraftmaschine 1 abhängig von der Kurbelwellen-Winkelposition ermitteln und in dem Datenspeicher 31 für Diagnosezwecke speichern. Aus dem gespeicherten Momentenverlauf kann zum Beispiel für einzelne Zylinder deren Kompression oder aber Fehlfunktionen, wie zum Beispiel Zündaussetzer oder Klopfen einzelner Zylinder, erfaßt werden. Aus der Größe des Moments kann auf Zündwinkelfehler geschlossen werden. Fig. 5 zeigt den Verlauf des Drehmoments in Abhängigkeit vom Kurbelwellenwinkel  $\phi$ . Bei 61 ist in dem Momentenverlauf ein Zündaussetzer im Vergleich zu dem bei 63 gestrichelt eingezeichneten korrekten Momentenverlauf zu erkennen. Die Steuerung 19 vergleicht für die Analyse den ermittelten Momentenverlauf einzelner Zylinder entweder mit dem für andere Zylinder der Brennkraftmaschine sich ergebenden Verlauf oder mit gespeicherten Sollwerten oder Sollverläufen.

Bei Feststellen eines Fehlers erzeugt die Steuerung 19 ein den Fahrer zum Beispiel über ein Display 57 warnendes Informationssignal und speichert den diagnostizierten Fehler als Information für eine künftige Reparatur in dem Datenspeicher 31 ab. Gegebenenfalls aktiviert die Steuerung 19 durch Veränderung der Kraftstoffeinspritzmenge ein Notfahrprogramm, wobei sie die Kraftstoffeinspritzmenge gegebenenfalls gezielt für



einzelne Zylinder reduziert oder ganz abstellt. Weiterhin oder auch alternativ kann die Steuerung 19 die maximale Leistung der Brennkraftmaschine 1 und/oder die maximale Drehzahl reduzieren bzw. die im Betrieb erreichbare Drehzahl begrenzen.

Die Generatoranordnung 3 arbeitet in bestimmten Betriebssituationen als Elektromotor, der die Brennkraftmaschine 1 schleppt. Die hierfür benötigte elektrische Leistung wird über die Stromsteuerung 5 aus einem Energiespeicher 59, beispielsweise der Fahrzeugbatterie, oder einem von einem Schwungrad angetriebenen Generator bereitgestellt, oder aber die elektrische Energie wird bei einer Fahrzeugabbremmung von den dann im Generatorbetrieb arbeitenden Elektromotoren 11 geliefert, wie dies in Fig. 1 durch gestrichelt eingezeichnete Leistungswege angedeutet ist. Bei abgestellter Kraftstoffeinspritzung und Zündung erlaubt die Analyse des an der Generatoranordnung 3 erfaßten Drehmoments Rückschlüsse auf den mechanischen Zustand der Brennkraftmaschine 1. Betriebssituationen, bei welchen die Generatoranordnung 3 die Brennkraftmaschine 1 schleppt, treten beispielsweise beim Anlassen der Brennkraftmaschine 1 durch die dann motorisch arbeitende Generatoranordnung 3 vor Beginn der Kraftstoffeinspritzung und Zündung oder im Fahrbetrieb auf, wenn keine Leistungs- oder Momentenanforderung an die Brennkraftmaschine vorliegt.

Die von dem Kurbelwellenwinkel abhängigen Schleppmomentverläufe erlauben die Ermittlung charakteristischer, den Zustand der Brennkraftmaschine 1 beschreibender Größen, insbesondere der Kompression bzw. Verdichtung der einzelnen Zylinder, der Funktionsfähigkeit der Einlaßventile und Auslaßventile, des Zustands der Lagerstellen, beispielsweise der Kurbelwellenlager, der Zylinderwandreibung usw. Die Steuerung 19 erfaßt den Drehmomentverlauf über wenigstens 720°, d. h. über wenigstens zwei Kurbelwellendrehungen, um so auch bei einer Viertakt-Brennkraftmaschine den Zustand sämtlicher Zylinder analysieren zu können. Darüber hinaus steuert die Steuerung 19 die Generatoranordnung 3 so, daß Schleppmomentverläufe bei mehreren unterschiedlichen Drehzahlen und/oder bei einem vorbestimmten, zeitlich sich ändernden Drehzahlverlauf erfaßt werden. Weiterhin ermöglicht es die Steuerung 19, daß der Drehmomentverlauf auch während einer Aufwärmphase oder einer Abkühlphase der Brennkraftmaschine 1 für unterschiedliche Kühlwasser- oder Öltemperaturen erfaßt wird. Die Kenntnis mehrerer Schleppmomentverläufe bei unterschiedlichen Drehzahlen und/oder Temperaturen der Brennkraftmaschine 1 erlaubt eine eindeutige Extrahierung charakteristischer Zustandsgrößen. Fig. 6a zeigt als Beispiel den Verlauf des von der Steuerung 19 erfaßten Schleppmoments M einer Ein-Zylinder-Zweitakt-Brennkraftmaschine mit ordnungsgemäßen Kurbelwellenlagern in Abhängigkeit vom Kurbelwellenwinkel  $\phi$ , während Fig. 6b den Schleppmomentverlauf dieser Brennkraftmaschine bei defektem Kurbelwellenlager zeigt. Mit OT ist der obere Totpunkt bezeichnet; UT ist der untere Totpunkt. Die vollständige Kurbelwellenumdrehung ist symmetrisch zum oberen Totpunkt in die Bereiche I, II und III unterteilt, die bei ordnungsgemäßem Kurbelwellenlager charakteristische, deutlich unterscheidbare Verläufe zeigen (Fig. 6a). Fig. 6b zeigt bei einem Defekt der Kurbelwellenlager hingegen deutliche Abweichungen des Schleppmomentverlaufs insbesondere im Bereich III, die von der Steuerung 19 bei der Analyse des Schleppmomentverlaufs erfaßt und als Lagerschaden

gemeldet werden.

Durch Erfassen unzulässiger Abweichungen des Schleppmomentverlaufs von Sollwerten oder Sollverläufen läßt sich frühzeitig ein Schaden oder ein drohender Schaden erkennen und lokalisieren. Auch bei der Diagnose anhand des Schleppmomentverlaufs reagiert die Steuerung 19 dem erkannten Fehler entsprechend, indem beispielsweise der Fahrer über das Display 57 gewarnt und in dem Datenspeicher für künftige Reparaturen Informationen über den diagnostizierten Fehler gespeichert werden. Bei aktuell auftretenden Fehlern kann wiederum ein Notfahrprogramm aktiviert werden, beispielsweise durch Reduzierung der maximalen Leistung der Brennkraftmaschine 1 oder der maximalen Drehzahl oder durch Begrenzung der Drehzahl oder durch gezieltes Verändern der Kraftstoffeinspritzmenge für einzelne Zylinder bis hin zum Abstellen der Kraftstoffeinspritzung bei einem defekten Zylinder zwecks Schadstoffreduzierung.

Die Analyse des Schleppmoments muß nicht bei jedem zu einer Abschaltung der Kraftstoffzufuhr bzw. Zündung führenden Fahrzeugschubbetrieb bzw. nicht bei jedem Motorstart erfolgen. Die Diagnose kann jeweils nach einer vorbestimmten Mehrzahl von Anlaßvorgängen der Brennkraftmaschine 1 oder nach vorbestimmten Kilometerabständen erfolgen. Sofern eine elektronische Motorsteuerung zusätzlich vorhanden ist, kann die Schleppmomentdiagnose auch von der Motorsteuerung unter bestimmten Betriebsbedingungen ausgelöst werden. Auch kann die Steuerung 19 dafür sorgen, daß die Diagnose nur oberhalb bestimmter Temperaturen, also bei betriebswarmer Brennkraftmaschine 1, erfolgt.

#### Patentansprüche

##### 1. Antriebsanordnung für ein Kraftfahrzeug, umfassend

eine Brennkraftmaschine (1) mit wenigstens einem ihre Leistung und/oder ihr Drehmoment und/oder ihre Drehzahl beeinflussenden, von einem Stellantrieb (27) steuerbaren Stellglied (29), eine von der Brennkraftmaschine (1) angetriebene elektrische Generatoranordnung (3), wenigstens einen aus der Generatoranordnung (3) gespeisten, das Kraftfahrzeug antreibenden Elektromotor (11) und eine elektronische Steuerung (19, 33, 37), die einerseits wenigstens den einen Stellantrieb (27) und andererseits die von der Generatoranordnung (3) erzeugte elektrische Leistung und/oder die von dem Elektromotor (11) aufgenommene elektrische Leistung abhängig von der Einstellung eines Fahrpedals (23) steuert,

dadurch gekennzeichnet, daß

Mittel zur Erfassung eines Istwerts der Drehzahl der Brennkraftmaschine (1) oder der mit ihr gekuppelten Generatoranordnung (3) sowie Mittel zur Erfassung eines Istwerts der von der Generatoranordnung (3) erzeugten und/oder der von dem Elektromotor (11) aufgenommenen elektrischen Leistung vorgesehen sind,

daß die Steuerung (19, 33, 37) Drehzahl-Regelmittel (33) umfaßt, die die Ist-Drehzahl auf einem vorgegebenen Drehzahl-Sollwert halten und Leistungs-Regelmittel (37) umfaßt, die die elektrische Ist-Leistung auf einem vorgegebenen Leistungs-Sollwert halten,

und daß der Steuerung (19, 33, 37) ein Datenspeicher (31) mit Kennfelddaten für Kombinationen von Daten für den Leistungs-Sollwert mit Daten für den Drehzahl-Sollwert und/oder Daten für die Einstellung wenigstens des einen Stellantriebs (27) zugeordnet ist und die Steuerung (19, 33, 37) die Datenkombinationen abhängig von der Einstellung des Fahrpedals (23) auswählt.

2. Antriebsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehzahl-Regelmittel (37) die elektrische Leistung der Generatoranordnung (33) und/oder des Elektromotors (11) beeinflussen, daß die Steuerung (19, 33, 37) den Stellantrieb (27) eines Leistungs-Stellglieds (29) der Brennkraftmaschine (1) insbesondere einer Drosselklappen- oder Einspritzpumpenanordnung zunächst entsprechend den aus dem Datenspeicher (31) ausgewählten Einstelldaten einstellt und daß nach Einregelung des Drehzahl-Sollwerts die Leistungs-Regelmittel (37) den Stellantrieb (27) des Leistungs-Stellglieds (29) beeinflussen.

3. Antriebsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehzahl-Regelmittel (33a) den Stellantrieb (27a) eines Leistungs-Stellglieds (29a) der Brennkraftmaschine (1a), insbesondere einer Drosselklappen- oder Einspritzpumpenanordnung, beeinflussen und die Leistungs-Regelmittel (37a) die elektrische Leistung der Generatoranordnung (3a) und/oder des Elektromotors (11a) beeinflussen.

4. Antriebsanordnung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung (19, 33, 37) bei einer Änderung des vorgegebenen Leistungs-Sollwerts das Leistungs-Stellglied (27) der Brennkraftmaschine (1) auf die durch die Datenkombination des geänderten Leistungs-Sollwerts bestimmte Einstellung einstellen.

5. Antriebsanordnung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung (19a, 33a, 37a) bei einer Änderung des vorgegebenen Leistungs-Sollwerts die elektrische Leistung anfänglich konstant hält, während die Drehzahl-Regelmittel (27a) die Drehzahl an den durch die Datenkombination des geänderten Leistungs-Sollwerts bestimmten Drehzahl-Sollwert annähern.

6. Antriebsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Datenkombinationen Betriebspunkte der Brennkraftmaschine (1) mit Optimumswerten wenigstens eines Betriebsparameters, insbesondere Betriebspunkte mit minimalem spezifischem Kraftstoffverbrauch und/oder minimaler Schadstoffemission und/oder minimaler Geräuschentwicklung und/oder maximaler Schonung der Brennkraftmaschine (1) in Abhängigkeit von Leistungs-Sollwerten festlegen und daß die Steuerung (19, 33, 37) abhängig von dem vorgegebenen Leistungs-Sollwert eine Datenkombination mit Daten für die Einstellung wenigstens des einen Stellglieds (27) der Brennkraftmaschine (1) und/oder Daten für den Drehzahl-Sollwert aus dem Datenspeicher (31) auswählt.

7. Antriebsanordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Steuerung (19, 33, 37) ein Sensor zum Erfassen eines Istwerts des die Datenkombination bestimmenden Betriebsparameters zugeordnet ist und daß die Steuerung nach Einstellen des Betriebspunktes an der Brennkraftmaschine (1) eine Abweichung des Istwerts von dem durch

die Datenkombination des Betriebspunktes vorgegebenen gespeicherten Wert des Betriebsparameters erfaßt und dem gespeicherten Wert abhängig von der Abweichung insbesondere in Inkrementen korrigiert.

8. Antriebsanordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung (19, 33, 37) nach einer Korrektur des gespeicherten Werts des Betriebsparameters den Betriebspunkt, welcher dem Optimum des Betriebsparameters zugeordnet ist, abhängig von dem korrigierten Wert des Betriebsparameters, neu festlegt.

9. Antriebsanordnung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Steuerung (19, 33, 37) ein die Temperatur der Brennkraftmaschine erfassender Sensor (45) zugeordnet ist und daß die Steuerung (19, 33, 37) den gespeicherten Wert des Betriebsparameters abhängig von der erfaßten Temperatur korrigiert.

10. Antriebsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung (19, 33, 37) wenigstens einen auf einen Betriebsparameter der Brennkraftmaschine (1) und/oder der Generatoranordnung (3) und/oder des Elektromotors (11) ansprechenden Sensor, insbesondere einen Temperatursensor (45) und/oder einen Abgassensor (47), aufweist, daß die im Datenspeicher gespeicherten Datenkombinationen zusätzlich Daten des Betriebsparameters umfassen und daß die Steuerung (19, 33, 37) die Datenkombinationen abhängig von dem erfaßten Wert des Betriebsparameters auswählt.

11. Antriebsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung (19, 33, 37) mehrere die Leistung und/oder das Drehmoment und/oder die Drehzahl der Brennkraftmaschine (1) auf der Grundlage unterschiedlicher Betriebsparameter beeinflussende Stellmittel und/oder Stellantriebe (27) von Stellgliedern der Brennkraftmaschine (1) steuert und daß der Datenspeicher (31) Datenkombinationen speichert, die auch Daten für die Einstellungen mehrerer Stellmittel bzw. Stellantriebe umfassen.

12. Antriebsanordnung für ein Kraftfahrzeug, umfassend eine Brennkraftmaschine (1) mit wenigstens einem ihre Leistung und/oder ihr Drehmoment und/oder ihre Drehzahl beeinflussenden, von einem Stellantrieb (27) steuerbaren Stellglied (29), eine von der Brennkraftmaschine (1) angetriebene elektrische Generatoranordnung (3), wenigstens einen aus der Generatoranordnung (3) gespeisten, das Kraftfahrzeug antreibenden Elektromotor (11) und eine elektronische Steuerung (19, 33, 37), die einerseits wenigstens den einen Stellantrieb (27) und andererseits die von der Generatoranordnung (3) erzeugte elektrische Leistung und/oder die von dem Elektromotor (11) aufgenommene elektrische Leistung abhängig von der Einstellung eines Fahrpedals (23) steuert, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel (35) zur Erfassung eines Istwerts der Drehzahl der Brennkraftmaschine (1) oder der mit ihr gekuppelten Generatoranordnung (3) sowie Mittel zur Erfassung eines Istwerts der von der Generatoranordnung (3) erzeugten und/oder der von dem Elektromotor (11) aufgenommenen elektrischen Leistung vorgesehen

sind,  
 daß die Steuerung (19, 33, 37) Drehzahl-Regelmittel (33) umfaßt, die die Ist-Drehzahl auf einem vorgegebenen Drehzahl-Sollwert halten und Leistungs-Regelmittel (37) umfaßt, die die elektrische Ist-Leistung auf einem vorgegebenen Leistungs-Sollwert halten,  
 daß der Steuerung (19, 33, 37) Sensoren (43, 45, 47, 49) zur Erfassung von Istwerten mehrerer Betriebsparameter der Brennkraftmaschine (1), insbesondere zur Erfassung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs und/oder der Schadstoffemission und/oder der Schadstoffzusammensetzung und/oder der Geräuschentwicklung zugeordnet sind,  
 daß der Steuerung (19, 33, 37) ferner ein Datenspeicher (31) zugeordnet ist, der Kombinationsalgorithmen für vorbestimmte, gleichzeitig zu erreichende Optima mehrerer der Betriebsparameter speichert, und daß die Steuerung (19, 33, 37) bei auf dem vorgegebenen Leistungs-Sollwert gehaltener Leistung der Brennkraftmaschine (1) oder der Generatoranordnung (3) oder des Elektromotors (11) den Drehzahl-Sollwert und/oder die Einstellung wenigstens des einen Stellantriebs (27) abhängig von den erfaßten Istwerten der Betriebsparameter und den im Datenspeicher (31) gespeicherten Kombinationsalgorithmen so variiert, daß die Brennkraftmaschine (1) bei den Optima der Betriebsparameter betrieben wird.  
 3. Antriebsanordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung (19, 33, 37) den Drehzahl-Sollwert und/oder die Einstellung wenigstens des einen Stellantriebs (27) so variiert, daß zusätzlich zur Leistung zumindest einer der Betriebsparameter auf einen konstanten Wert gehalten ist, während der Wert eines weiteren Betriebsparameters dem Optimum angenähert wird.  
 4. Antriebsanordnung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Datenspeicher (31) ferner Kennfelddaten für Kombinationen von Daten für den Leistungs-Sollwert und/oder Daten für den Drehzahl-Sollwert und/oder Daten für die Einstellung wenigstens des einen Stellantriebs (27) mit Daten für den Wert zumindest eines der Betriebsparameter speichert und daß die Steuerung (19, 33, 37) Abweichungen des von dem Sensor (43, 45, 47, 49) erfaßten Istwerts des Betriebsparameters von dem gespeicherten Wert erfaßt und den gespeicherten Wert abhängig von der Abweichung insbesondere in Inkrementen korrigiert.  
 15. Antriebsanordnung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung (19, 33, 37) den Drehzahl-Sollwert und die Einstellung wenigstens des einen Stellantriebs (27) abhängig von den gespeicherten, entsprechend den erfaßten Istwerten aktualisierten Kennfelddaten variiert.  
 16. Antriebsanordnung nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Datenspeicher (31) Kombinationen von Anfangsdaten speichert, die die Kennfelddaten im Neuzustand der Brennkraftmaschine (1) repräsentieren  
 und daß die Steuerung (19, 33, 37) die korrigierten Daten wenigstens eines Betriebsparameters, insbesondere des spezifischen Kraftstoffverbrauchs mit den Anfangsdaten vergleicht und bei Überschreitung eines vorbestimmten Werts oder eines vorbestimmten Kennfeldverlaufs der Abweichung ein ei-

ne Betriebsstörung repräsentierendes Steuersignal erzeugt.

17. Antriebsanordnung für ein Kraftfahrzeug, umfassend eine Brennkraftmaschine (1) mit wenigstens einem ihre Leistung und/oder ihr Drehmoment und/oder ihre Drehzahl beeinflussenden, von einem Stellantrieb (27) steuerbaren Stellglied (29), eine von der Brennkraftmaschine (1) angetriebene elektrische Generatoranordnung (3), wenigstens einen aus der Generatoranordnung (3) gespeisten, das Kraftfahrzeug antreibenden Elektromotor (11) und eine elektronische Steuerung (19, 33, 37), die einerseits wenigstens den einen Stellantrieb (27) und andererseits die von der Generatoranordnung (3) erzeugte elektrische Leistung und/oder die von dem Elektromotor (11) aufgenommene elektrische Leistung abhängig von der Einstellung eines Fahrpedals (23) steuert,

insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß

Mittel (35) zur Erfassung eines Istwerts der Drehzahl der Brennkraftmaschine (1) oder der mit ihr gekuppelten Generatoranordnung (3) sowie Mittel zur Erfassung eines Istwerts der von der Generatoranordnung (3) erzeugten und/oder der von dem Elektromotor (11) aufgenommenen elektrischen Leistung vorgesehen sind,

daß die Steuerung (19, 33, 37) Drehzahl-Regelmittel (33) umfaßt, die die Ist-Drehzahl im zeitlichen Mittel auf einem vorgegebenen Drehzahl-Sollwert halten und Leistungs-Regelmittel (37) umfaßt, die die elektrische Ist-Leistung im zeitlichen Mittel auf einem vorgegebenen Leistungs-Sollwert halten, daß die Steuerung (19, 33, 37) den momentanen Verlauf des Stroms der Generatoranordnung (3) in Abhängigkeit von der momentanen Kurbelwellen-Winkelposition der Brennkraftmaschine (1) erfaßt, abhängig von dem Strom den momentanen Verlauf des Drehmoments der Brennkraftmaschine (1) in Abhängigkeit von der Kurbelwellen-Winkelposition ermittelt und mit in einem Datenspeicher (31) gespeicherten Sollwerten für die Größe und/oder den momentanen Verlauf des Drehmoments vergleicht sowie bei Abweichungen mit einer vorbestimmten Größe oder einem vorbestimmten Verlauf ein eine Betriebsstörung repräsentierendes Steuersignal erzeugt.

18. Antriebsanordnung für ein Kraftfahrzeug, umfassend eine Brennkraftmaschine (1), eine von der Brennkraftmaschine (1) angetriebene elektrische Generatoranordnung (3), wenigstens einen aus der Generatoranordnung (3) gespeisten, das Kraftfahrzeug antreibenden Elektromotor (11) und eine elektronische Steuerung (19, 33, 37), die die von der Generatoranordnung (3) erzeugte elektrische Leistung und/oder die von dem Elektromotor (11) aufgenommene elektrische Leistung abhängig von der Einstellung eines Fahrpedals (23) steuert, wobei der das Kraftfahrzeug antreibende Elektromotor (11) im Schubbetrieb des Kraftfahrzeugs als Generator arbeitet und die Generatoranordnung (3) während des Anlassens der Brennkraftmaschine (1) oder im Schubbetrieb des Kraftfahrzeugs als Motor arbeitet und die Brennkraftmaschine antreibt,

insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 17,

dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung (19, 33, 37) während des Motorbetriebs der Generatoranordnung (3) den momentanen Verlauf des Generatorstroms bei abgestellter Zündung und/oder Kraftstoffzufuhr der Brennkraftmaschine (1) erfaßt und hiervon abhängig den momentanen Verlauf des von der Generatoranordnung (3) erzeugten Schleppmoments in Abhängigkeit vom Kurbelwellenwinkel der Brennkraftmaschine ermittelt und daß die Steuerung (19, 33, 37) Abweichungen der Größe und/oder des Verlaufs des ermittelten Schleppmoments von vorgegebenen Sollwerten und/oder einem Sollverlauf erfaßt und abhängig von der Größe und/oder dem Verlauf der Abweichung ein eine Betriebsstörung repräsentierendes Steuersignal erzeugt.

19. Antriebsanordnung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung den momentanen Verlauf des Schleppmoments in Abhängigkeit der Kurbelwellen-Winkelposition in einem Datenspeicher (31) speichert.

20. Antriebsanordnung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Verlauf des Schleppmoments für wenigstens 720° des Kurbelwellenwinkels in dem Datenspeicher (31) gespeichert ist.

21. Antriebsanordnung nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung (19, 33, 37) während des Motorbetriebs der Generatoranordnung (3) die Drehzahl und/oder die Temperatur der Brennkraftmaschine (1) erfaßt und den momentanen Verlauf des Schleppmoments für mehrere unterschiedliche Werte und/oder zumindest einen zeitabhängigen Verlauf der Drehzahl und/oder der Temperatur ermittelt und in dem Datenspeicher (1) speichert.

22. Antriebsanordnung nach einem der Ansprüche 18 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung (19, 33, 37) das Schleppmoment lediglich nach einer vorbestimmten Mehrzahl Anlaßvorgänge der Brennkraftmaschine (1) und/oder nach einer vorbestimmten Fahrstrecke des Kraftfahrzeugs und/oder oberhalb einer festgelegten Temperatur der Brennkraftmaschine (1) auf Abweichungen von den vorgegebenen Sollwerten überprüft.

23. Antriebsanordnung nach einem der Ansprüche 18 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Generatoranordnung (3) mehrere Wicklungsstränge aufweist und den momentanen Verlauf des Schleppmoments aus den jeweils für sich erfaßten Strömen in den einzelnen Wicklungssträngen ermittelt.

24. Antriebsanordnung nach einem der Ansprüche 14 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß das die Betriebsstörung repräsentierende Steuersignal eine Warneinrichtung (57) aktiviert und/oder einen Fehlerspeicher (31) eines Diagnosesystems setzt und/oder die Steuerung (19, 33, 37) ein die maximale Leistung und/oder die maximale Drehzahl der Brennkraftmaschine (1) und/oder die Kraftstoffeinspritzmenge defekter Zylinder reduzierendes Notfahrprogramm aktiviert.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 1

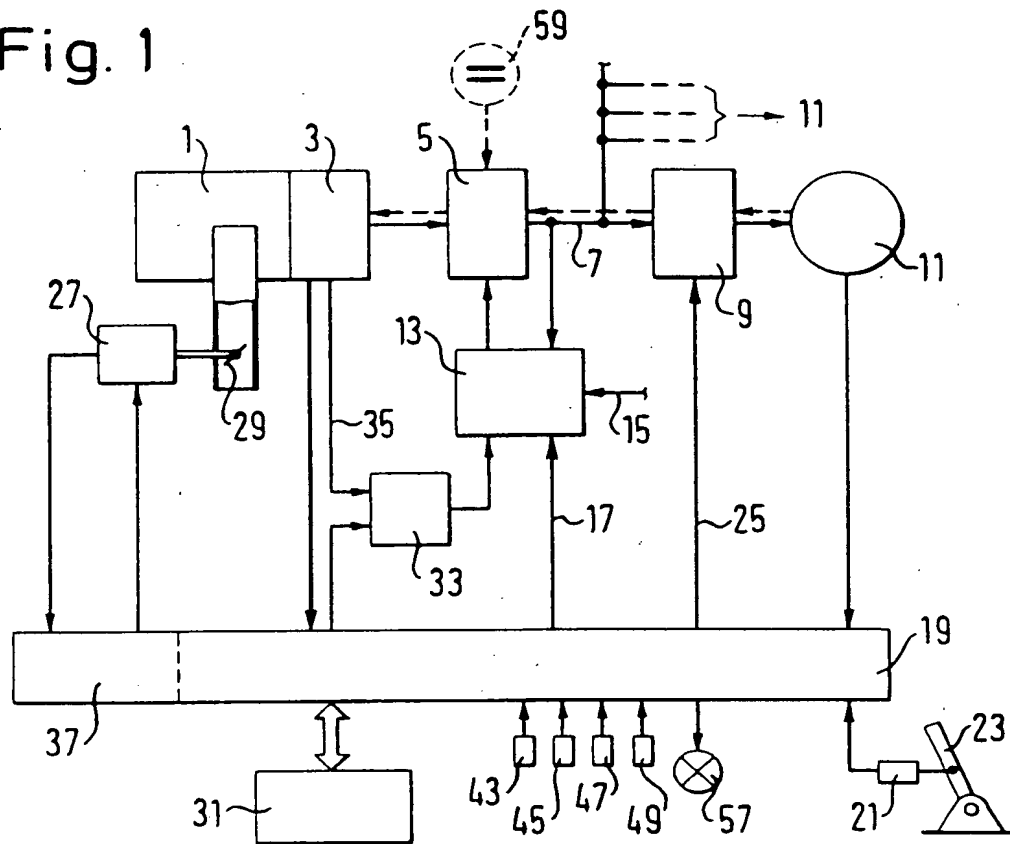
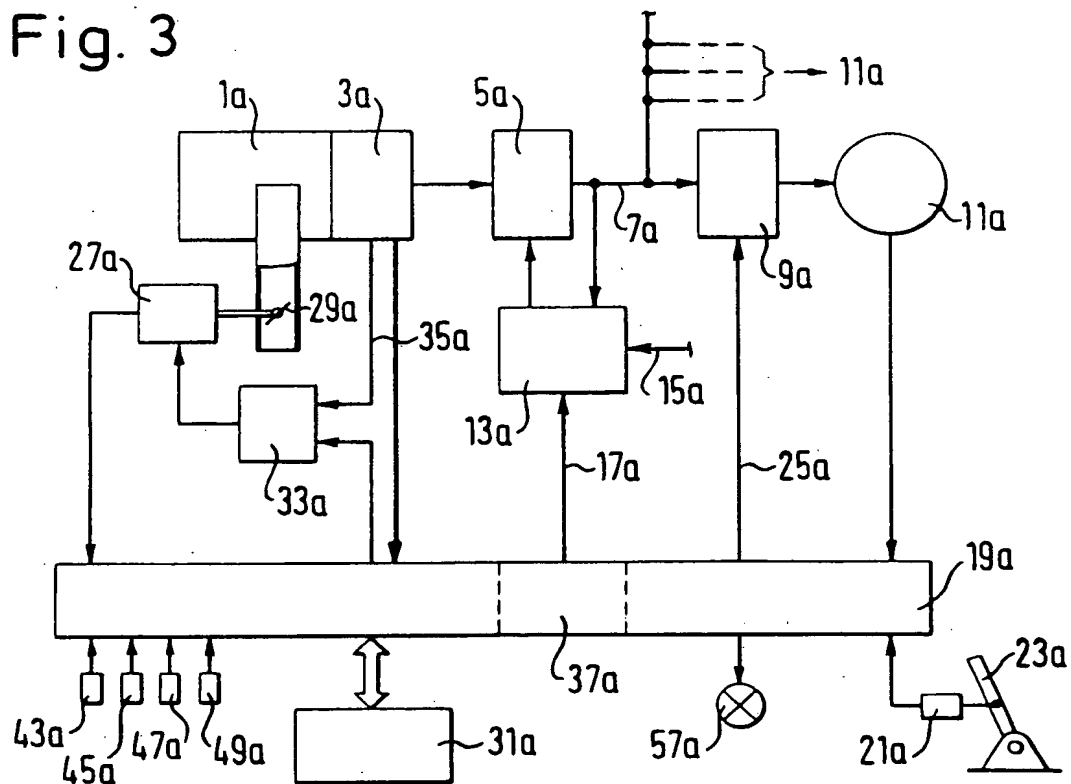


Fig. 3





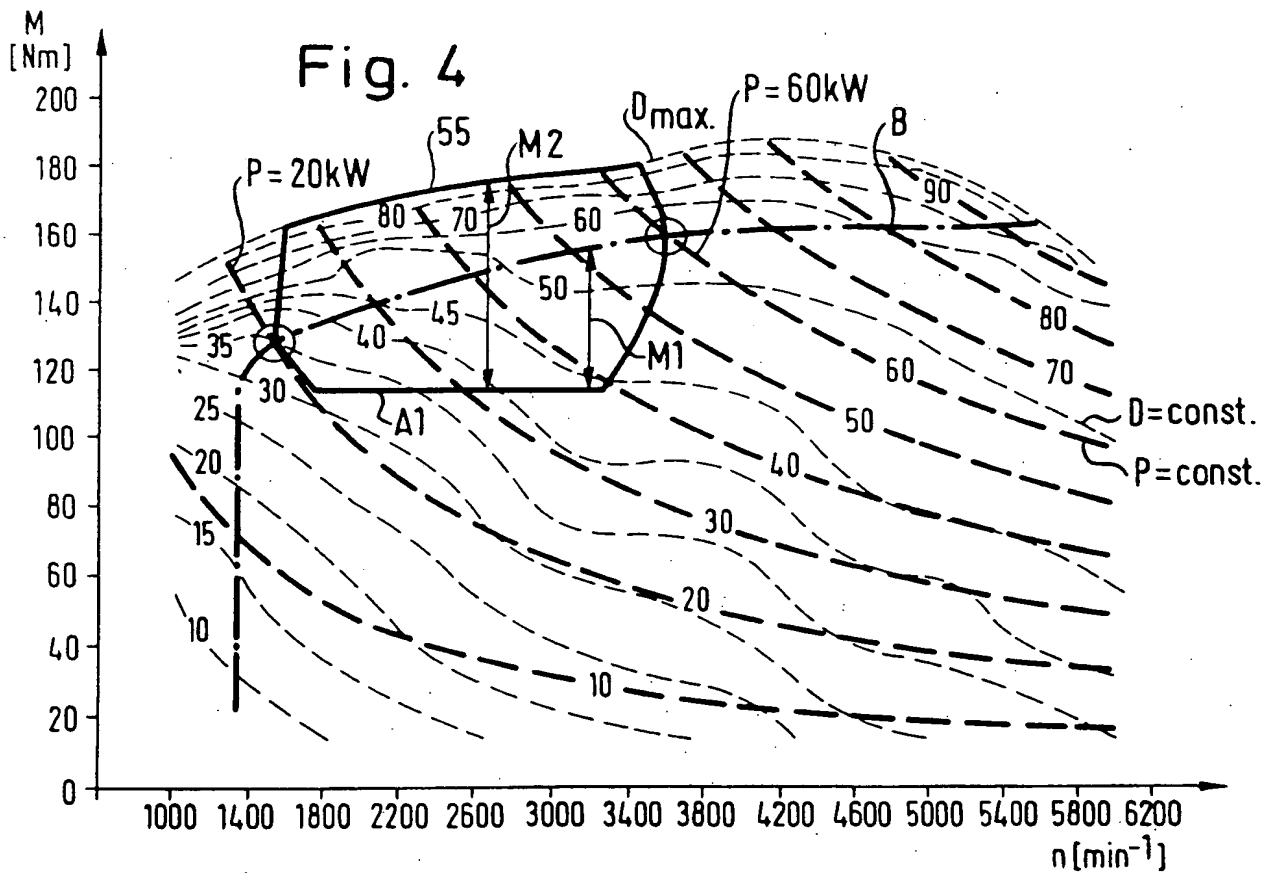
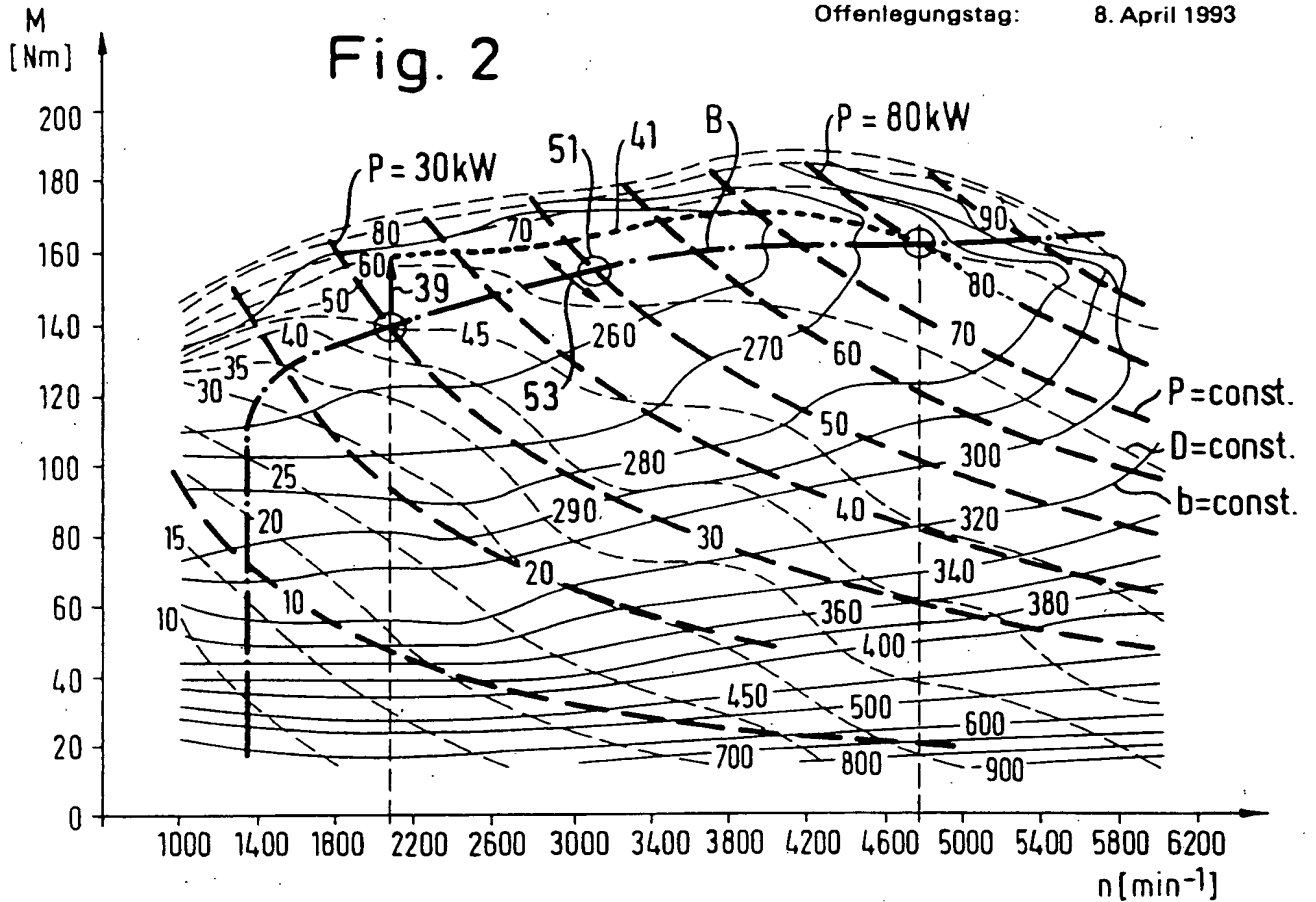


Fig. 5

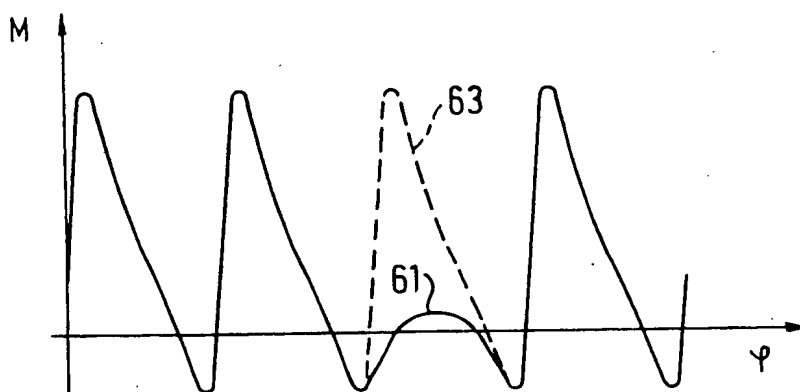


Fig. 6a

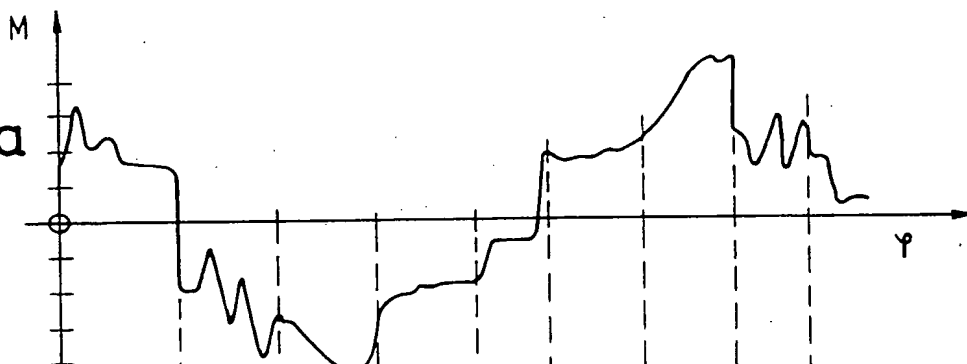


Fig. 6b

